Coils الملفات

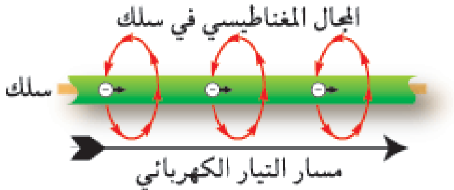
تركيب الملف : يتركب الملف من سلك معزول ملفوف على إطار من مادة عازلة former ويمكن أن تكون على عدة أشكال منها :



١- على شكل أسطوانة أو مكعب أو متوازي مستطيلات .
٢- على شكل قلب مجوف وفارغ ، ويمكن أن يكون قلب الإطار مشغولاً بشرائح حديدية أو مسحوق حديد أو مادة الفيريت ferrite أو أن يكون الهواء .
٣- يمكن أن يغلف الملف بغلاف من الحديد وذلك عند الرغبة في ألا يتأثر الملف بالمجالات المغناطيسية الخارجية وقد يغلف بغلاف من البلاستيك لحمايته، وقد يترك بدون تغليف .

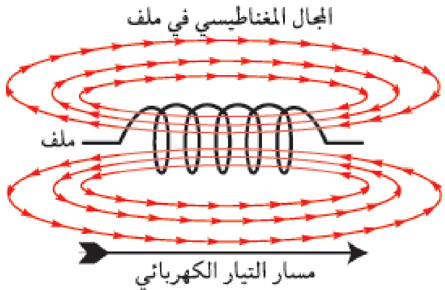
مقدمة نظرية هامة :

مرور تيار في سلك:



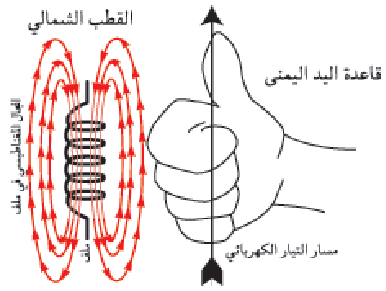
عندما يمر تيار في سلك ينشأ حول هذا السلك مجال مغناطيسي ، يتزايد هذا المجال بتزايد التيار المار في السلك .

مرور تيار في ملف:



يلف السلك بطريقة معينة ليعطي مجالاً مغناطيسياً في اتجاه معين محدد مسبقا من قبل المصمم.
وتخضع اتجاهات التيار واللف والمجال المغناطيسي لقاعدة اليد اليمنى .

قاعدة اليد اليمنى :



إذا وضع الملف في يدك اليمنى بحيث تلتف أصابعك حول الملف في نفس اتجاه مرور التيار فان أصبع الإبهام يشير إلى اتجاه المجال داخل الملف والى القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعها هذا الملف .

الحث الذاتي :

إذا كانت قيمة التيار المار في الملف تتغير زيادةً أو نقصاً كما هو الحال مع التيار المتناوب ، فان قيمة المجال المغناطيسي الناشئ عن التيار تتغير أيضاً زيادةً أو نقصاً ، وفي هذه الحالة يتولد على طرفي الملف جهد يعارض الزيادة والنقص في التيار المار في الملف ، وكلما زاد معدل تغير التيار كلما زادت قيمة هذا الجهد المعارض لحدوث التغيير ، وخاصية المعارضة هذه تسمى " الحث الذاتي " .
ويسمى الجهد العارض لحدوث التغير : جهد مستحث أو جهد مستنتج أو جهد مولد بالحث الذاتي .

وحدات قياس الحث الذاتي :

يقاس الحث الذاتي لملف بوحدة (الهنري) أو (الميلي هنري) .

$$1H = 1000mH = 106\ \mu H$$



رمز الملف في الدوائر

ممانعة الملفات:

$$X_L = 2\pi f L,$$

يزداد الحث الذاتي لملف إذا :

١- زادت مساحة مقطعة وقل طوله .
٢- زاد عدد لفاته .
٣- كان للملف قلب من مادة مغناطيسية كالحديد أو مسحوق الحديد أو من مادة الفيريت .
والعكس صحيح .

تزيد ممانعة الملف :

١- بزيادة تردد الإشارة المارة بالملف .
٢- بزيادة حث الملف .
٣- بكليهما.

For example, if f equals 684 kHz, while L=0.6 mH, coil reactance will be:

$$X_L = 2\cdot 3{,}14\cdot 684000\cdot 0{,}6\cdot 10^{-3} = 2\,577\ \Omega.$$

أنواع الملفات Types Coils :

أولاً: من حيث القلب..

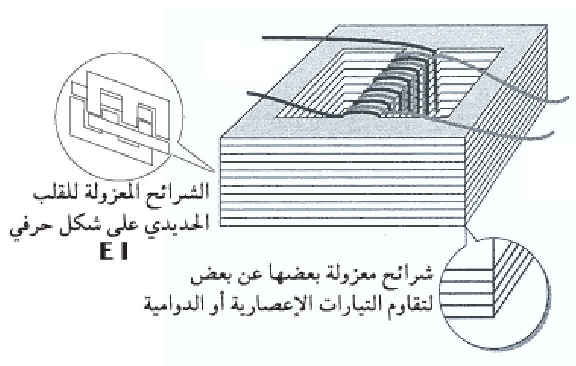
تصنف الملفات وفقاً للمادة التي تشغل الحيز داخل الإطار الداخلي للملف إلى:

١- ملفات ذات قلب هوائي :



وهى تلك الملفات التي يشغل الهواء ما بداخل إطارها الداخلي (ما بداخل قلبها) والحث الذاتي لمثل هذه الملفات صغير .

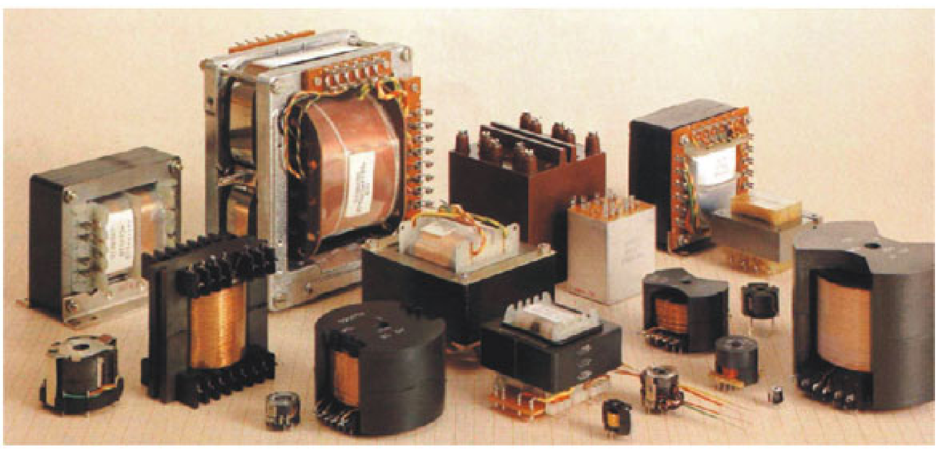
٢- ملفات ذات قلب حديدي :

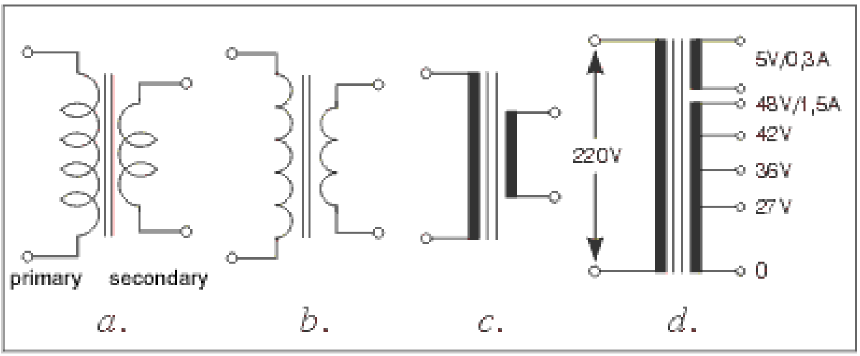


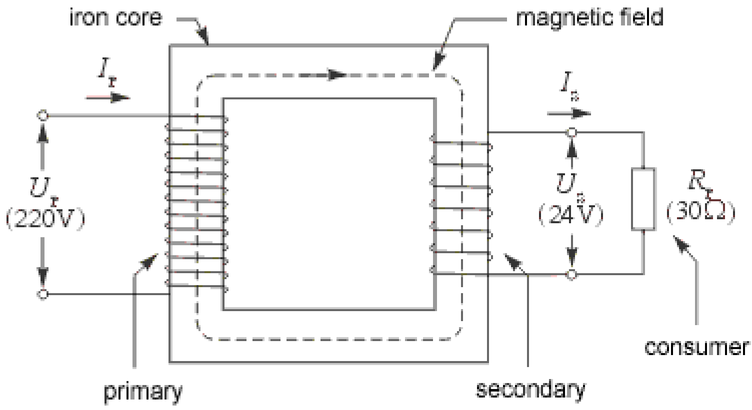
إذا وضع داخل الملف قلب حديدي ، فان المجال المغناطيسي يتركز داخل وحول الملف ولا يشرد كثيراً خارجه ، وبالتالي يزيد من حث الملف . قد يصل حث مثل هذا النوع من الملفات إلى ١٠ هنري .

ولكن يعيب على مثل هذا النوع من الملفات ، أن تيارات متولدة بالحث الذاتي داخل القلب الحديدي تسمى بالتيارات الإعصارية أو التيارات الدوامية ، تتحرك في اتجاهات عشوائية داخل هذا القلب مما يسبب ارتفاع درجة حرارة القلب المغناطيسي وفقد في الطاقة .ولذلك يقسم القلب الحديدي إلى شرائح معزولة عن بعضها البعض لتقاوم التيارات الإعصارية أو الدوامية .

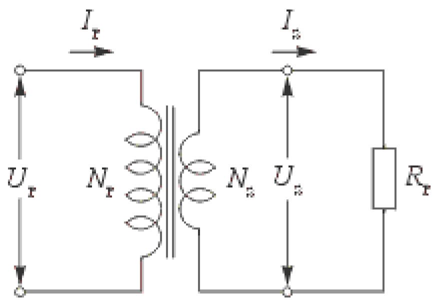
وتستخدم الملفات ذات القلب الحديدي في التنعيم في دوائر تقويم التيار المتناوب كما تستخدم في دوائر المصابيح الفلورسنتية .







a.



b.

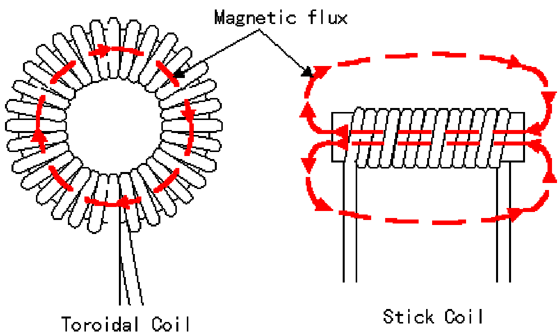
$\frac{U_S}{U_P}=\frac{N_S}{N_P}$,	$\frac{I_P}{I_S}=\frac{N_S}{N_P}$.
$P=U_S\cdot I_S=U_P\cdot I_P$.	$\eta=\frac{P_S}{P_P}$.

٣- ملفات ذات قلب من مسحوق الحديد :

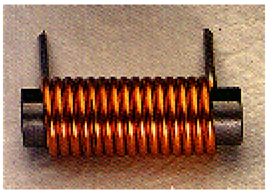
وهي الملفات التي يوضع بداخل قلبها مسحوق من الحديد ، حيث يخلط مسحوق الحديد بمادة عازلة ويضغط ليعطي قلب مغناطيسي ذو مقاومة كهربية عالية ، وبالتالي تقليل التيارات الدوامية أو الإعصارية إلي حد كبير .

لذلك هذا النوع من الملفات يملك كفاءة عالية وله تأثير صغير على المكوّنات الأخرى.





٤- ملفات ذات قلب من مادة الفيريت:



وهـى تلـك الملفـات التـي يوضـع بـداخل قلبهـا مـادة الفيريت ، ومـادة الفيريـت مـادة مغناطيـسية مقاومتهـا الكهربية عالية جداً ،وبذلك نضمن عدم سـريان التيـارات الإعصارية داخلها .

ثانيا: من حيث التردد..

١- ملفات التردد المنخفض: low Frequency Coils

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات الصوتية ، ومن المعروف أن الترددات الصوتية تتراوح مـن ٢٠ هرتـز إلـى ٢٠ كيلو هرتز . وملفات التردد المنخفض من الملفات ذات القلب الحديدي .

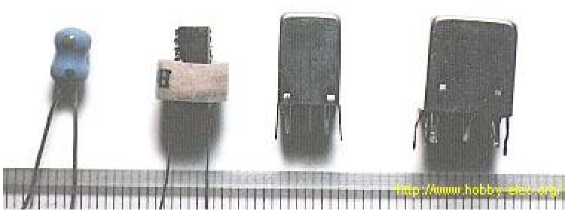
٢- ملفات التردد المتوسط:



وهي الملفات التي تستخدم في الترددات المتوسـطة ، والتـردد المتوسط في أجهزة الراديـو ذات التعـديل الـسعوي AM يـساوي ٤٦٥ كيلو هرتز .

وملفات التردد المتوسط مـن الملفـات ذات القلـب المـصنوع مـن مسحوق الحديد أو مادة الفيرريت .

٣- ملفات التردد العالي: High Frequency Coils



1μH, 2.2μH, 3.3μH, 3.9μH, 4.7μH, 5.6μH, 6.8μH, 8.2μH, 10μH, 15μH, 18μH, 22μH, 27μH, 33μH, 39μH, 46μH, 56μH, 68μH, 82μH, 100μH other.

وهي الملفات التي تستخدم في الترددات العالية التي تزيد عن ٢ ميجا هرتز ، مثل دوائر التنعيم في أجهزة الراديو .

وملفات التردد العالي من الملفات ذات القلب الهوائي .

في حالة التردد العالي تكون ممانعة الملفات كبيـرة، وفـى حالـة التردد المنخفض تكون ممانعة الملفات صـغيرة وهـذا يمكننـا مـن فصل الترددات الـصوتية عـن التـرددات العاليـة فـي الـدوائر التـي يقترن فيها التردد العالي مع التردد المنخفض .

بالإضـافة لـبعض هـذه الملفـات التـي يكـون قلبهـا مـصنوع مـن الفيريـت أو مـسحوق الحديـد التـي تعمـل كـدارات توليـف عنـد ترددات 70MHz to 100MHz .

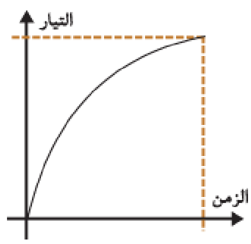
رموز الملفات:



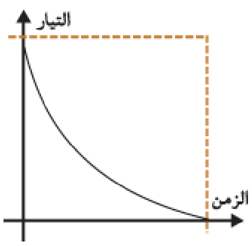
الملف في دوائر التيار المستمر :

إذا سلط جهد مستمر على ملف ، فان التيار الذي سيمر بالملف لا يصل إلى قيمته العظمى منذ اللحظـة الأولـى وذلك بسبب تولد جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض مرور التيار في الملف .

التيار يتزايد تدريجياً في الملف عند توصيلة بالتيار المستمر ، وإذا فصل الجهد المـستمر عـن الملـف ، فـان الجهـد المستنتج بالحث الذاتي يعارض تناقص التيار في الملف ، لـذا فـان تيـار الهبـوط لا يـصل إلـى الـصفر بمجـرد فـصل الجهد المستمر عن الملف . بل يستمر إلى حين .



يتزايد التيار تدريجيا من الملف عند وصله مع التيار المستمر



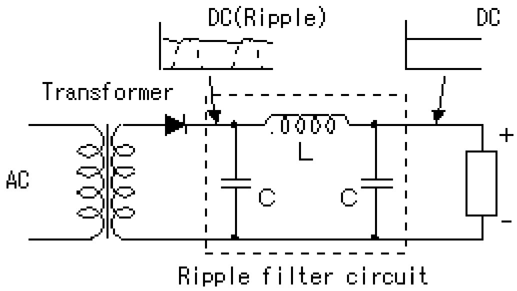
يتناقض التيار تدريجيا من الملف عند فصله من التيار المستمر

الملفات في دوائر التيار المتناوب :

بما أن التيار المتناوب يتغير باستمرار في قيمته واتجاهه ، لذلك فان الملفات يتولد فيها جهد مستنتج بالحث الذاتي يعارض الزيادة أو النقص أو تغيير الاتجاه عندما توصل تلك الملفات في دوائر التيار المتناوب .

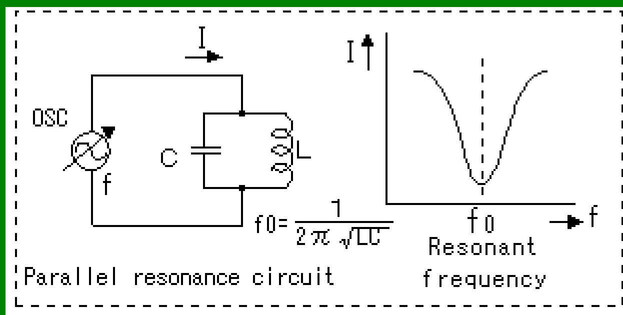
بعض التطبيقات البسيطة للملفات :

من الشكل التالي يتضح لنا استخدام الملف في ترشيح الإشارات بعد عملية التقويم ، حيث أن الإشارة بعد التقويم من التيار المتناوب إلى المستمر فإنها تحوي على ترددات عالية تستطيع أن تتجاوز مكثف الترشيح ، حيث يقوم الملف بحجز هذه الترددات لنحصل في الخرج على إشارة مستمرة تماماً ..

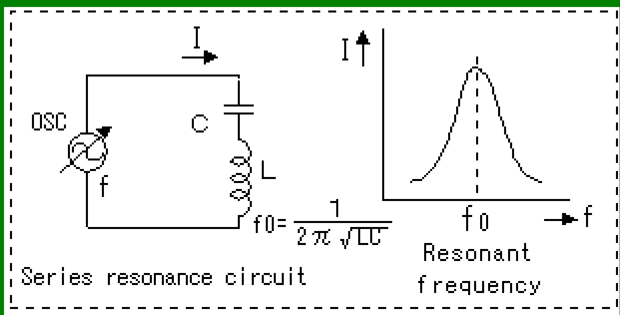


طبعاً وهناك دارات الطنين التي أكثر ما نجدها في دارات الهزازات والاتصالات ، كذلك يكون الملف والمكثف هم دارة الطنين الأساسية والبحث في ذا الأمر يطول ولنا في مرحلة متقدمة وليست في البعيدة حديث طويل ، وأكتفي بالشكل التالي :

دارة طنين تفرعية ..

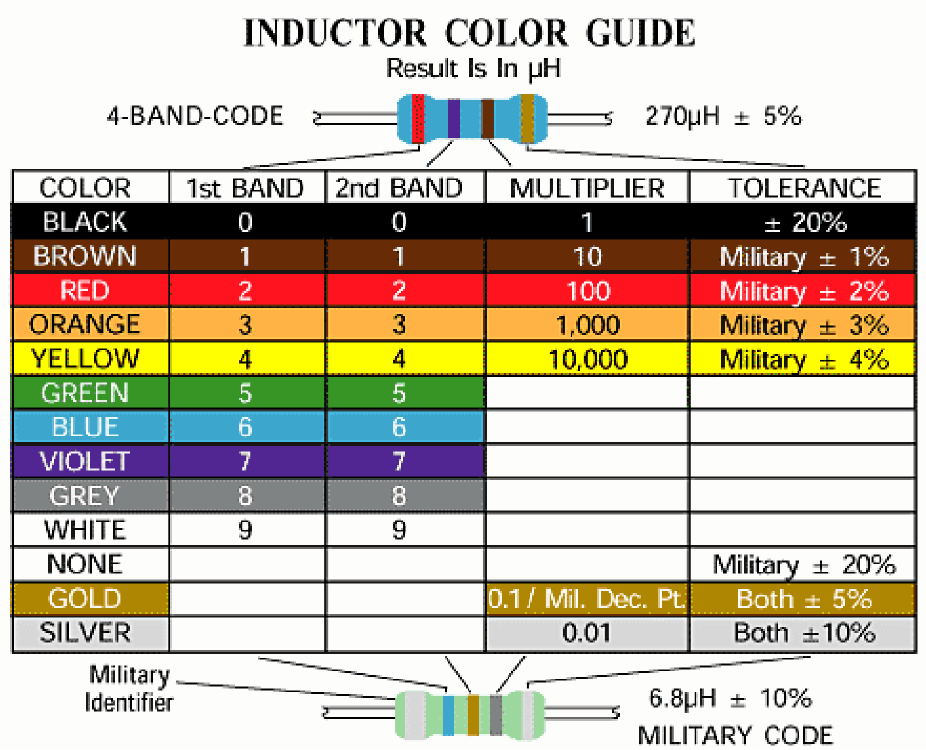


دارة طنين تسلسلية ..



قراءة وحساب الملفات عملياً :

١- الملفات الجاهزة: وهي تشبه المقاومات وتحوي على حلقات لونية أيضاً وتكون قيمها ثابتة .. يمكن معرفة قيمها باستخدام الجدول التالي وبنفس الطريقة المستخدمة مع المقاومات .



INDUCTOR COLOR GUIDE

Result Is In μH

4-BAND-CODE 270μH ± 5%

COLOR	1st BAND	2nd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
BLACK	0	0	1	± 20%
BROWN	1	1	10	Military ± 1%
RED	2	2	100	Military ± 2%
ORANGE	3	3	1,000	Military ± 3%
YELLOW	4	4	10,000	Military ± 4%
GREEN	5	5		
BLUE	6	6		
VIOLET	7	7		
GREY	8	8		
WHITE	9	9		
NONE				Military ± 20%
GOLD			0.1 / Mil. Dec. Pt.	Both ± 5%
SILVER			0.01	Both ±10%

Military Identifier

6.8μH ± 10%

MILITARY CODE

٢- حساب الملفات المعرفة بقيم : في الدارات الإلكترونية وخصوصاً في دارات الاتصالات اللاسلكية تكون الملفات من الناحية التطبيقية مجهولة الهوية وتستلزم عملية حسابية .

فمثلاً: ملف بقيمة 1uH غير متوفر في السوق ، أو أن المطلوب أن يكون قلبه من الهواء حصراً ، فما العمل !!؟ من خلال الأسطر التالية سوف نتعلم كيفية حساب الملفات ذات القلب الهوائي..

حسابات الملفات ذات القلب الهوائي:

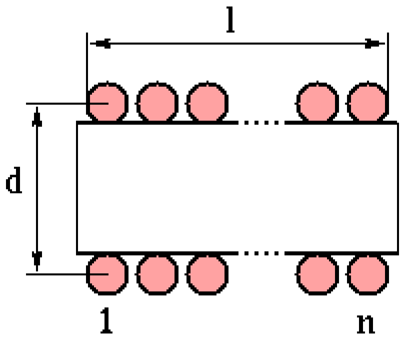
العلاقات التالية توضح كيفية حساب الملفات ذات القلب الهوائي (عدد اللفات – عامل التحريض) ..
١- عدد اللفات : وهو معطى بالعلاقة التالية ..

$$n = \frac{\sqrt{L(18d+40\ell)}}{d}$$

٢- عامل التحريض :

$$L(uH) = \frac{d^2\ n^2}{18d + 40\ell}$$

حيث أنّ:
L : التحريض المغناطيسي وهو بـ (uH) ميكروهنري .
d : قطر الملف بالإنش (1 inches = 25.4 mm) .
l : طول الملف بالإنش (1 inches = 25.4 mm) ، المسافة من أول لفة إلى آخر لفة .
n : عدد اللفات .



مثال عملي وتطبيقي :
في إحدى دارات الإرسال بالأمواج الراديوية على المجال FM كانت قيمة إحدى الملفات في الدارة (1uH) ، والمطلوب حساب عدد اللفات لهذا الملف .
من أجل ذلك نختار سلك بمقطع 0,6mm وبقطر لفة 7,2mm ويجب الانتباه إلى أنه يجب عدم زيادة قطر اللفة المقترح كثيراً وخصوصاً في مجال الترددات العالية حيث يمكن أن يتشكل لدينا حقل يسبب ضجيج وتشويه للإشارة بالإضافة لانخفاض عامل الجودة للملف .
نطبق العلاقة السابقة :

$$n = \frac{\sqrt{1*[18*(\frac{7.2}{25.4})+40*\frac{10}{25.4}]}}{\frac{7.2}{25.4}} = 16.11$$

بالتالي نقرب عدد اللفات لتصبح (n=16) لفة .

ملاحظة : لقد ذكرنا سابقاً أن قطر الملف وطوله بـ (inch) ، لذلك قسمنا على 25.4 للتحويل من mm إلى inch .

ملاحظة : إن المسافة من أول لفة إلى آخر لفة متعلقة بقر السلك المستخدم وأيضاً بالفراغات بين اللفات .

ملاحظة : الملف يمكن أن يلف برصف اللفات بدون فراغ بينها أو يمكن أن يفسح بعض المجال بين اللفّات ، ولكن يمكن الحصول على أفضل عامل جودة للملف (QL) إذا كانت المسافة بين اللفات أثناء اللف (0,6mm) .

ملاحظة : إن العلاقة المستخدمة دقيقة حتى 1% وذلك من أجل l>0.4d .

هناك الكثير من المواضيع والصفحات على الإنترنت توضح كيفية حساب الملفات ، لكن قليلاً منها سيعطي قيماً مضبوطة .
ومن أجل ذلك أستخدم شخصياً الملفات التي يكون قطرها (أي قطر اللفة) إما (7.2 mm) أو (5.8mm) وبمقطع سلك لكلا الحالتين (0.6mm) وذلك من خلال نتائج محسوبة تعطي قيم دقيقة لعامل التحريض المتوضعة بالجدول التالي :

INDUCTANCE TABLE
(diameter 5.8 mm, 0.6mm wire)

Number of turns	Inductance (nH) (Compact coil)	Q-value 13-MHz (Compact coil)	Inductance (nH) (Air-space coil)	Q-value 13-MHz (Air-space coil)
4	92	540	79	-
5	131	370	120	530
6	175	340	155	500
7	220	300	184	640
8	272	370	234	560
9	315	470	267	770
10	363	650	313	1270

INDUCTANCE TABLE
(diameter 7.2 mm, 0.6mm wire)

Number of turns	Inductance (nH) (Compact coil)	Q-value 13-MHz (Compact coil)	Inductance (nH) (Air-space coil)	Q-value 13-MHz (Air-space coil)
3	77	407	66	440
4	122	325	102	560
5	177	340	-	-
6	240	440	206	550
7	306	509	290	690
8	379	607	319	1300
9	470	1500	422	>1500
10	582	>1000	515	>1000
11	644	>1000	-	>1000
12	656	>1000	545	>1000
13	745	>1000	612	>1000
14	789	>1000	658	>1000

من الجداول السابقة ..
العمود الأول يبين عدد اللفات .
العمود الثاني يبين قيمة عامل التحريض لهذا الملف بـ (nH) وذلك من أجل عدد اللفات المقابل وقطر لفة (7.2 mm) ومقطع سلك (0.6mm) .
العمود الثالث يبين قيمة عامل الجودة للملف من أجل لفات متراصة .

يمكن استخدام العلاقات التالية وذلك من أجل السهولة في الحساب ، كما يمكن لف الملف (بالنسبة لزاوية ميلان اللفة) كما هو موضح ..

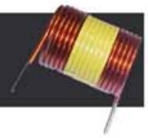
ويمكن استخدام الجدول التالي من أجل الحسابات الجاهزة ..

AIR COIL WINDING CHART

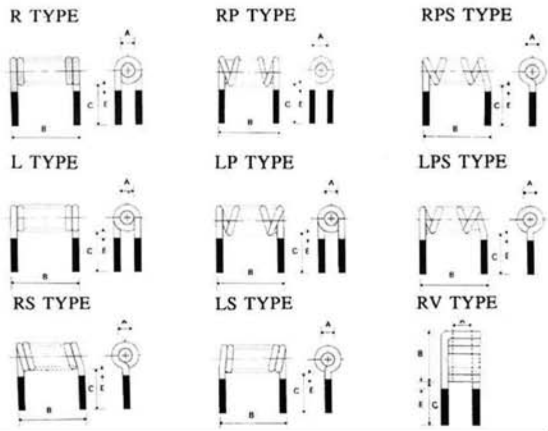
Inductance in Microhenries	Number of Turns Diameter = .100 Length = .200	Number of Turns Diameter = .125 Length = .250	Number of Turns Diameter = .150 Length = .250	Number of Turns Diameter = .200 Length = .400	Number of Turns Diameter = .250 Length = .500
0.01	3.1	2.8	2.6	2.2	2.0
0.02	4.4	4.0	3.6	3.1	2.8
0.03	5.4	4.8	4.4	3.8	3.4
0.04	6.3	5.6	5.1	4.4	4.0
0.05	7.0	6.3	5.7	4.9	4.4
0.06	7.7	6.9	6.3	5.4	4.8
0.07	8.3	7.4	6.8	5.9	5.2
0.08	8.9	7.9	7.2	6.3	5.6
0.09	9.4	8.4	7.7	6.6	5.9
0.10	9.9	8.9	8.1	7.0	6.3
0.15	12.1	10.8	9.9	8.6	7.7
0.20	14.0	12.5	11.4	9.9	8.9
0.25	15.7	14.0	12.8	11.1	9.9
0.30	17.1	15.3	14.0	12.1	10.8
0.35	18.5	16.6	15.1	13.1	11.7
0.40	19.8	17.7	16.2	14.0	12.5
0.45	21.0	18.8	17.1	14.8	13.3
0.50	22.1	19.8	18.1	15.7	14.0
0.55	23.2	20.8	19.0	16.4	14.7
0.60	24.2	21.7	19.8	17.1	15.3
0.65	25.2	22.6	20.6	17.8	16.0
0.70	26.2	23.4	21.4	18.5	16.6
0.75	27.1	24.2	22.1	19.2	17.1
0.80	28.0	25.0	22.9	19.8	17.7
0.85	28.9	25.8	23.6	20.4	18.3
0.90	29.7	26.6	24.2	21.0	18.8
0.95	30.5	27.3	24.9	21.6	19.3
1.00	31.3	28.0	25.6	22.1	19.8
1.50	38.3	34.3	31.3	27.1	24.2
2.00	44.3	39.6	36.1	31.3	28.0
2.50	49.5	44.3	40.4	35.0	31.3
3.00	54.2	48.5	44.3	38.3	34.3
3.50	58.6	52.4	47.8	41.4	37.0
4.00	62.6	56.0	51.1	44.3	39.6
4.50	66.4	59.4	54.2	47.0	42.0
5.00	70.0	62.6	57.2	49.5	44.3
5.50	73.4	65.7	59.9	51.9	46.4
6.00	76.7	68.6	62.6	54.2	48.5
6.50	79.8	71.4	65.2	56.4	50.5
7.00	82.8	74.1	67.6	58.6	52.4
7.50	85.7	76.7	70.0	60.6	54.2
8.00	88.5	79.2	72.3	62.6	56.0
8.50	91.3	81.6	74.5	64.5	57.7
9.00	93.9	84.0	76.7	66.4	59.4
9.50	96.5	86.3	78.8	68.2	61.0
10.00	99.0	88.5	80.8	70.0	62.6



AIR COIL INDUCTORS



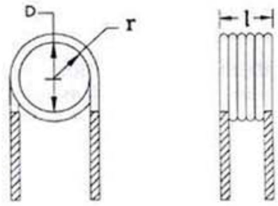
SINGLE LAYER AIR COIL WINDING FORMULA AND Q FACTOR



$$L = \frac{r^2 N^2}{9r + 10A}$$

L = inductance (in microhenries)
r = radius of coil (in inches)
N = number of turns
A = length of winding (in inches)

$$N = \sqrt{\frac{L\,(9r + 10A)}{r^2}}$$



In Metric Units:

$$L = \frac{0.394\, r^2 N^2}{9r + 10A}$$

L = inductance (in microhenries)
r = radius of coil (in cm)
N = number of turns
A = length of winding (in cm)

$$N = \sqrt{\frac{L\,(9r + 10A)}{0.394\, r^2}}$$

This formula is most accurate when the coil length (A) is greater than 0.67r and the frequency is less than 10 MHz. As the frequency goes above 10MHz, the formula becomes less accurate, because parasitics dominate the circuit.

The chart on the following page shows data for single layer air coils with inductances of 0.01µh to 10.0µh. For each inductance value, the number of turns required is shown for coil diameters of 0.1 inch, 0.125 inch, 0.150 inch, 0.200 inch, and 0.250 inch. In all cases, the length (A) is 4 times the radius.

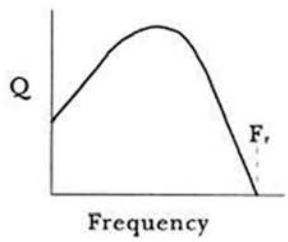
The Q or Quality Factor of an inductor is the ratio of its inductive reactance X_L to its series resistance R_S. The larger the ratio, the better the inductor.

$$Q = \frac{X_L}{R_S}$$

$X_L = 2\pi f L$
where:
f = Frequency (Hz)
L = Inductance in Henries

R_s is determined by multiplying the length of the wire used to wind the coil by the D.C. resistance per unit length for the wire gage used.

Q changes dramatically as a function of frequency. At lower frequencies, Q is very good because only the D.C. resistance of the windings (which is very low) has an effect. As frequency goes up, Q will increase up to about the point where the skin effect and the combined distributed capacitances begin to dominate. From then on, Q falls rapidly and becomes 0 at the self resonance frequency of the coil.



Methods of Increasing Q of Inductors

1. Decrease the series resistance of the windings by increasing the wire gage used. Larger wire has a lower resistance per unit length.
2. Spread the windings. Air gaps between the windings decrease the distributed capacitances.
3. Use a powdered iron or ferrite core to wind the coil on. This will increase the permeability of the space around the core.